

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа информационных технологий и робототехники**
 Направление подготовки **01.03.02 Прикладная математика и информатика**
 Отделение школы **Отделение информационных технологий**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка алгоритмических и программных средств для оценки доверительных интервалов нагрузочного тестирования на платформе ViPNet Performance Analyzer

УДК 004.415.538:004.421.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б71	Сунцов Кирилл Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Кочегуров Александр Иванович	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
01.02.03 Прикладная математика и информатика	Шевелев Геннадий Ефимович	к.ф-м.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП 01.03.02
«Прикладная математика и информатика»

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой
ОПК (У)-2	Способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию образовательного контента, прикладных баз данных
ОПК (У)-3	Приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ОПК (У)-4	Использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией
ОПК (У)-5	Критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат
ПК(У)-2	Способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения
ПК(У)-3	Работать в составе научно-исследовательского и производственного коллектива и решать задачи профессиональной деятельности
ПК(У)-4	Осуществлять целенаправленный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" и в других источниках

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа информационных технологий и робототехники**
 Направление подготовки **01.03.02 Прикладная математика и информатика**
 Отделение школы **Отделение информационных технологий**

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ _____ **Шерстнев В.С.**
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Б71	Сунцову Кириллу Сергеевичу

Тема работы:

Разработка алгоритмических и программных средств для оценки доверительных интервалов нагрузочного тестирования на платформе ViPNet Performance Analyzer	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	
Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Предметом исследования является алгоритм оценки нефункциональных показателей программно-аппаратных комплексов АО «ИнфоТеКС». Разрабатываемое приложение должно использовать существующую архитектуру проекта ViPNet Performance Analyzer и обрабатывать большие объемы данных за короткий промежуток времени.
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Обзор литературы, обзор аналогичных проектов, разработка алгоритмов для интервального оценивания результатов тестирования, выработка требований к приложению, проектирование архитектуры приложения, выбор инструментов для работы (языки программирования, библиотеки)</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубченко Татьяна Григорьевна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Кочегуров Александр Иванович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б71	Сунцов Кирилл Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Б71	Сунцову Кириллу Сергеевичу

Школа	Инженерная школа информатики и вычислительной техники	Отделение школы (НОЦ)	Отделение информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	01.03.02 Прикладная математика и информатика

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов технического проекта (ТП): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Примерный бюджет проекта – 400 000 руб. В реализации проекта задействованы два человека: руководитель, инженер.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Районный коэффициент – 1,3; Коэффициент дополнительной заработной платы – 0,12; Минимальный размер оплаты труда (на 01.01.2021) 12 792 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации. Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности ТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета технического проекта	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта Определение затрат на проектирование (смета затрат)
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта	Оценка эффективности проекта

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Календарный план-график проектирования проекта
4. Бюджет затрат ТП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
------------------------------------------------------	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубоченко Татьяна Григорьевна	Канд. экон. наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б71	Сунцов Кирилл Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Б71	Сунцову Кириллу Сергеевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	01.03.02 Прикладная математика и информатика

Тема ВКР:

Разработка алгоритмических и программных средств для оценки доверительных интервалов нагрузочного тестирования на платформе ViPNet Performance Analyzer	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: результаты тестирования программно-аппаратных платформ.</p> <p>Область применения: исследование результатов тестирования производительности.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197; ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p>Вредные и опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – повышенный уровень электромагнитного излучения; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – превышение уровня шума; – отклонение показателей микроклимата; – поражение электрическим током; – зрительное перенапряжение; – монотонность труда.
3. Экологическая безопасность:	<p>Влияние на атмосферу:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ЖК-экраны являются источником парникового газа;

	<p>– утилизация ПВХ методом горения приводит к увеличению канцерогенного диоксина в атмосфере.</p> <p>Влияние на литосферу и гидросферу:</p> <p>– увеличение количества бытового мусора, который неправильно утилизируется.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения: пожар в помещении, короткое замыкание проводки, внезапное обрушение здания, аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар в результате замыкания.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.05.2021
-------------------------------------------------------------	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б71	Сунцов Кирилл Сергеевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 71 страницу, 12 рисунков, 20 таблиц, 18 литературных источников, 2 приложения.

Ключевые слова: веб-приложение, доверительный интервал, критерий хи-квадрат, математическая статистика, JavaScript, C#.

Объектом исследования являются результаты тестирования программно-аппаратных комплексов. Предмет исследования – алгоритм оценки нефункциональных показателей программно-аппаратных комплексов АО «ИнфоТеКС».

Цель работы: разработка и реализация алгоритма определения оценки показателя по результатам нагрузочного тестирования и реализация этого алгоритма в составе приложения ViPNet Performance Analyzer. Программная реализация была осуществлена с помощью языков программирования C# и JavaScript (TypeScript).

В первой главе данной работы рассмотрены задачи и методы нагрузочного тестирования, описываются требования тестирования и процесс тестирования.

Во второй главе описывается математический аппарат, используемый для оценки доверия к результатам нагрузочного тестирования на примере двух выборок.

В третьей главе описаны требования к программной реализации, описывается существующая архитектура.

В четвертой главе проводится модульное тестирование разработанного приложения, анализ качества реализации средствами Lighthouse, тестирование производительности.

В пятой главе описывается работа разработанного приложения, выполняемые функции, в том числе приведены фрагменты программного кода, выполняющего эти функции.

Результатом работы является веб-приложение в составе решения ViPNet Performance Analyzer, позволяющее анализировать результаты нагрузочного

тестирования и строящее доверительные интервалы для них, что позволяет оценить доверие к тому или иному результату и к методике тестирования в целом.

Определения

В данной работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

- С# – объектно-ориентированный язык программирования;
- JavaScript – прототипно-ориентированный сценарный язык программирования;
- TypeScript – реализация ECMAScript, поддерживающая типизацию и трансляцию написанного кода в JavaScript;
- ПАК – программно-аппаратный комплекс;
- ViPNet Performance Analyzer – веб-приложение, сочетающее в себе функции хранения, обработки и анализа результатов нагрузочного тестирования, построения отчетности;
- параметры тестирования (конфигурация) – набор состояний контролируемых свойств среды тестирования;
- React (ReactJS) – JavaScript-фреймворк для разработки пользовательских интерфейсов.

Содержание

Введение.....	14
1 Задачи и методы нагрузочного тестирования при разработке программно-аппаратных комплексов. Анализ предметной области.	16
1.1 Задачи тестирования. Описание цикла нагрузочного тестирования...	16
1.2 Методы и результаты нагрузочного тестирования.	18
2 Определение интервальных оценок числовых характеристик результатов тестирования.....	20
2.1 Анализ результатов тестирования.....	20
2.2 Оценка значения показателя.....	22
2.3 Математическая модель результатов тестирования на основе нормального распределения выборки.....	24
2.4 Математическая модель на основе распределения выборки, отличного от нормального.	25
2.5 Математический аппарат для проверки адекватности модели	25
3 Программная реализация алгоритма	28
3.1 Требования к создаваемому приложению.....	28
3.2 Разработка приложения.....	29
3.3 Система контроля версий.....	31
3.4 Непрерывная интеграция	32
4 Тестирование разработанного приложения	33
4.1 Модульное тестирование	33
4.2 Тестирования с помощью Lighthouse	34
4.3 Тестирование производительности серверной части.....	35
5 Функционал приложения	35

6	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	40
6.1	Оценка коммерческого и инновационного потенциала научных исследований	40
6.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	40
6.1.2	Анализ конкурентных технических решений.....	41
6.1.3	Технология QuaD.....	42
6.2	SWOT-анализ.....	44
6.3	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	45
6.4	Планирование научно-исследовательских работ	45
6.4.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	45
6.4.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	46
6.4.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	47
6.5	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	49
6.5.1	Расчет материальных затрат	49
6.5.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ..	50
6.5.3	Основная заработная плата исполнителей	50
6.5.4	Дополнительная заработная плата исполнителей	51
6.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)....	52
6.5.6	Накладные расходы	52
6.5.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	52
6.6	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	53
7	Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	55

8	Социальная ответственность	57
8.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	57
8.2	Производственная безопасность	58
8.2.1	Электромагнитное излучение	59
8.2.2	Уровень шума.....	60
8.2.3	Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения.....	61
8.2.4	Отклонение показателей микроклимата.....	61
8.2.5	Психофизиологические перегрузки.....	62
8.2.6	Электрический ток.....	63
8.3	Экологическая безопасность	64
8.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	64
8.5	Вывод по разделу «Социальная ответственность»	65
	Заключение	67
	Список использованных источников	69
	Приложение А. Выборка значений показателя Задержка, использованная в исследовании	71
	Приложение Б. Выборка значений показателя Производительность сети ViPNet, протокол UDP, использованная в исследовании	71

Введение

АО «ИнфоТеКС» разрабатывает продуктовые линейки шлюзов безопасности и криптомаршрутизаторов для защиты высокоскоростных каналов связи и корпоративных облачных инфраструктур. Шлюзы безопасности и криптомаршрутизаторы представляют собой программно-аппаратные комплексы (ПАК), которые устанавливаются в каналы связи заказчика и защищают проходящий через них сетевой трафик.

Так как каналы связи являются высокоскоростными, к шлюзам имеются не только функциональные требования (качество защиты информации и бесперебойная работа), но и нефункциональные.

Нефункциональными требованиями являются такие показатели работы программно-аппаратного комплекса, как производительность, пропускная способность, задержка первого пакета. Для этого проводится нагрузочное тестирование по принципу «черного ящика».

Результаты нагрузочного тестирования программно-аппаратных комплексов имеют погрешности, вызываемые главным образом стечением обстоятельств, из-за чего нельзя однозначно сделать вывод о значениях показателей работы ПАК по единичному результату тестирования, однако, имея достаточно однородных результатов измерений, можно оценить значение требуемого показателя.

Для постановки задач тестирования, хранения результатов и их анализа в компании используется продукт ViPNet Performance Analyzer – база данных, хранящая к настоящему моменту большой набор результатов нефункциональных тестирований ПАК.

В данной работе решается задача оценки показателей производительности программно-аппаратных комплексов с помощью доверительного интервала на примере таких показателей как пропускная способность и задержка.

Целью данной работы является разработка и реализация алгоритма определения оценки показателя по результатам нагрузочного тестирования и реализация этого алгоритма в составе приложения ViPNet Performance Analyzer.

Исходя из поставленной цели, следуют задачи:

- проанализировать результаты измерений;
- создать алгоритм определения доверительного интервала для значения показателя на основании результатов измерений;
- написать программный код для автоматизации определения доверительного интервала для значения показателя на основании результатов измерений.

Объектом исследования являются результаты тестирования ПАК.

Предметом исследования является алгоритм оценки нефункциональных показателей программно-аппаратных комплексов АО «ИнфоТеКС».

1 Задачи и методы нагрузочного тестирования при разработке программно-аппаратных комплексов. Анализ предметной области.

1.1 Задачи тестирования. Описание цикла нагрузочного тестирования.

Целью нагрузочного тестирования является исследования поведения нефункциональных характеристик объекта тестирования при типовых сценариях использования. Вытекающие из цели задачи зависят от конкретной методики тестирования. Например, для методики P-P-GENERIC-UDP задачей является измерение показателей:

1. Пропускная способность сети ViPNet по UDP для заданного размера Ethernet - кадра, Мбит/с (UDP Throughput, Mbps);
2. Количество пакетов, зашифровываемых/расшифровываемых ViPNet в секунду для заданного размера Ethernet - кадра, PPS (UDP pps, PPS).

Также в зависимости от методики задается критерий завершения тестирования. Для упомянутой P-P-GENERIC-UDP он звучит как «Достижение предельных значений показателей производительности».

Цикл нагрузочного тестирования начинается с создания заявки на тестирование. Для этого используется веб-интерфейс ViPNet Performance Analyzer. Пользователь, создающий заявку на нагрузочное тестирование, именуется заказчиком.

Для создания заявки нужно заказчику выбрать тестируемый продукт, версию и сборку программного обеспечения, аппаратную платформу, методику тестирования, схему стенда и набор проводимых тестов.

При этом стендом называется набор используемых программно-аппаратных комплексов, схемой стенда – схему их коммутирования.

Тестом называется единичное тестирование в составе заявки. Во всех тестах заявки используется один и тот же продукт, его версия, версия ПО и схема стенда, однако может отличаться тип теста и набор параметров тестирования.

Экран создания заявки представлен на рисунке 1.

The screenshot shows a web browser window with the URL `test.vpa.infotecs-nt/Request/Create`. The page title is "VIPNet Performance Analyzer - Test". The main heading is "Создание заявки" (Request Creation). Below it, the section "1. Постановка задачи" (Task Setting) contains the following fields:

- "Выберите продукт*" (Select product): A dropdown menu with "Не выбрано" (Not selected).
- "Версия продукта*" (Product version): A dropdown menu.
- "Номер сборки" (Build number): A text input field.
- "Требования к тестированию:" (Testing requirements): A large text area.
- "Ключевые слова (через запятую):" (Keywords (separated by commas)): A text input field with "Не выбрано" (Not selected).
- "Желаемая дата завершения тестирования:" (Desired test completion date): A date picker showing "13.06.2021".
- A checkbox labeled "Функциональное тестирование проведено*" (Functional testing completed).

At the bottom of the form are three buttons: "Назад" (Back), "Далее" (Next), and "Отмена" (Cancel). The footer of the page includes the copyright notice "© 2021, ОАО «ИнфоТекс»", the version "Версия программы: 1.72.11", and a link to the "Административная панель" (Administrative panel).

Рисунок 1 – Окно создания заявки на тестирование (первый шаг)

После создания заявки идет этап её утверждения. На этапе утверждения пользователь, называемый менеджером ресурсов, проверяет параметры заявки на соответствие требованиям системы, добавляет при необходимости тесты.

Затем менеджер ресурсов резервирует экземпляры оборудования, используемые в тестировании. Количество экземпляров каждой группы оборудования устанавливается требованиями схемы стенда. Так, при схеме тестирования «Межсетевой экран» требуется только экземпляр объекта тестирования – аппаратной платформы, служащей основой для исследуемого продукта – и сервера генерации трафика.

Также на этапе утверждения назначается пользователь системы, который будет собирать стенд и проводить тестирование – тестировщик.

После утверждения заявка переходит к тестировщику. В его обязанности, как уже упоминалось, входит сборка стенда и проведение тестирования. Для этого требуется скоммутировать требуемые экземпляры оборудования согласно схеме стенда, установить на них требуемое программное обеспечение, произвести настройку под конкретный тест. При необходимости тестировщик запускает сбор «показателей здоровья» объектов тестирования. При этом

периодически собираются такие показатели как процент загрузки центрального процессора, использование памяти, список запущенных в операционной системе процессов и другие.

После завершения настройки сервер генерации трафика пропускает трафик через объект тестирования и анализирует входящий с объекта тестирования трафик. Именно на этом этапе собираются данные об исследуемых нефункциональных характеристиках.

Результаты нагрузочного тестирования в зависимости от методики и схемы стенда имеют разный формат. Чаще всего это текстовый файл, содержащий в табличном формате данные о тестировании, где колонки разделены запятыми (comma-separated values, CSV).

Файл с результатами тестирования загружается тестировщиком в ViPNet Performance Analyzer и прикрепляется к соответствующему тесту.

После завершения всех тестов заявщик тестировщик может построить графики по результатам тестирования. Затем он пишет вывод и, при необходимости, рекомендации. На этом завершается этап тестирования.

Заказчик ознакомляется с результатами тестирования, и может закрыть заявку, после чего работы по ней считаются завершенными и принятыми. Если в результатах есть сомнения, заказчик передает заявку эксперту по методике. Экспертом по методике является пользователь системы, который знает тонкости работы методики, имеет представление о возможных результатах и проблемах при тестировании. Он исследует значения показателей здоровья и выносит решение, нужно ли отклонить результаты заявки. Отклонение результатов тестирования происходит, например, в случае, когда тестировщик ошибся с настройкой параметров тестирования.

По завершении исследования экспертом заявка передается заказчику.

1.2 Методы и результаты нагрузочного тестирования.

Методика тестирования содержит описание параметров тестирования, которые существенно влияют на результат. В большинстве методик к таким параметрам можно отнести, например, «Количество ядер в аппаратной

платформе», «Скорость сетевого интерфейса», «Тип трафика» и другие. Именно существенные параметры задаются заказчиком при создании заявки, назовем их контролируемыми.

Помимо контролируемых параметров, на результат оказывают влияние неконтролируемые параметры. К неконтролируемым можно отнести работу не относящихся к тестированию компонентов операционной системы, напряжение на процессоре объекта тестирования, температуру в серверной и прочие факторы, которые не учтены методикой тестирования, и на которые чаще всего сложно повлиять в ходе эксперимента. Считается, что неконтролируемые параметры не могут оказать существенного влияния на результат тестирования, и ими можно пренебречь.

Таким образом, результаты двух тестирований, полученные при совпадающих наборах контролируемых параметров, должны совпадать с точностью до вносимых неконтролируемыми параметрами погрешностями.

Выборку значений показателя, полученных при одинаковых условиях тестирования, можно проанализировать. Задачи, поставленные для статистического анализа, следующие:

- выявить неучтенные существенные параметры тестирования;
- дать оценку значению показателя на основании существующих значений;
- оценить степень доверия к новым результатам нагрузочного тестирования на основании существующих результатов.

2 Определение интервальных оценок числовых характеристик результатов тестирования

2.1 Анализ результатов тестирования

Для анализа возьмем значения показателей «Пропускная способность сети ViPNet, протокол UDP» и «Задержка». Поскольку прежде не было необходимости проведения множества однородных тестирований, для исследования проведено дополнительное тестирование указанных показателей для продукта ViPNet Coordinator HW2000 Q3 4.5.0 (3574) по методике P-P-GENERIC-UDP при значениях контролируемых параметров, перечисленных в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры дополнительного тестирования

Параметр	Значение
Тип теста	Стандартный тест
FeatureSet	base
Hyper-Threading	не поддерживает
MTU на сетевом интерфейсе	1 500
Multicore2	да
OrderControl	да
SSSE3	да
Алгоритм шифрования	ГОСТ 28147-89
Анализ утечек	Нет
Использование кластера	Не используется
Класс средства измерения	Стандарт (LR100GEN)
Количество потоков Iplir	11
Количество потоков UDP-трафика	1
Количество ядер	12
Направление трафика	Однонаправленный
Протокол защищенного канала	ViPNet
Размер кадра	1 453
Режим шифрования	CTR
Сетевой API	Patch + XFRM
Скорость сетевого интерфейса	10 Gbps
Схема стенда	Схема "Туннель"
Тип трафика	UDP

Таким образом, была сформирована выборка из 101 значения данных тестирования, распределение которых по времени показано на рисунке 2.



Рисунок 2 – Результаты тестирования по номерам заявок

Построим функцию распределения следующим образом:

$$F_X(x) = \mathbb{P}(X \leq x), \quad (1)$$

где X – выборка анализируемых значений.

Поскольку выборка значений имеет дискретное распределение, правая часть формулы 1 имеет смысл относительного количества значений выборки, которые не больше заданного значения x :

$$F_X(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \begin{cases} 1, & \text{при } X_i \leq x \\ 0, & \text{при } X_i > x \end{cases} \quad (2)$$

где X – выборка анализируемых значений, N – размер выборки.

В результате анализа выборки получим функции распределения, представленные на рисунке 3.

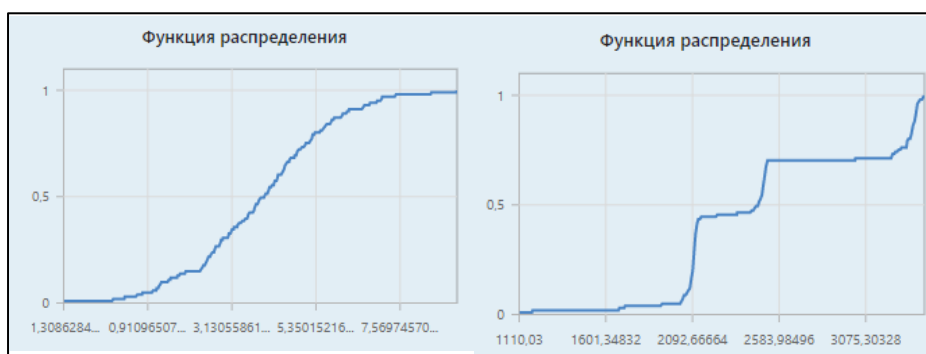


Рисунок 3 – Функции распределения задержки (слева) и пропускной способности (справа)

Построим функцию плотности вероятности. Для этого воспользуемся формулой Стерджесса для определения количества интервалов:

$$n_p = 1 + [\log_2 N] \quad (3)$$

Формула плотности вероятности:

$$P_X(i_n) = F_X(h_{i_n}) - F_X(h_{i_n-1}) \quad (4),$$

где

$i_n \in [2; n_p]$ – номер интервала,

h_{i_n} – верхняя граница i_n -ого интервала.

Для выборки из 101 значения $n_p = 7$. Тогда плотности вероятности выглядят следующим образом (рис.4):

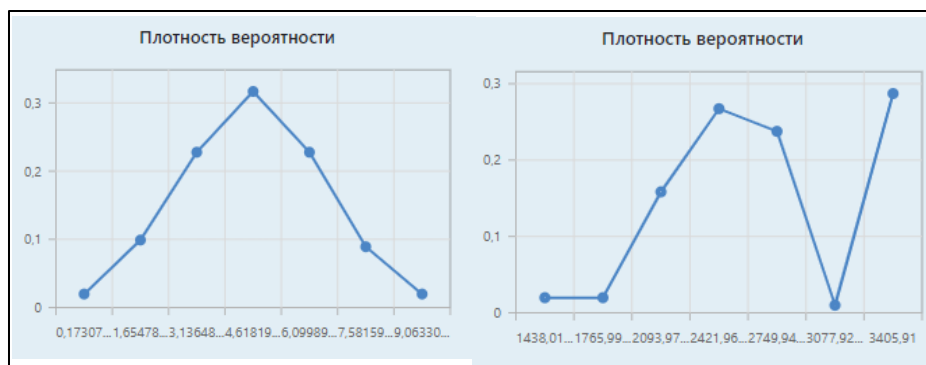


Рисунок 4 – Плотность вероятности задержки (слева) и пропускной способности (справа)

Плотность вероятности в данном случае представлена ломаной линией, в то время как в общей практике ее часто представляют гистограммой. Выбор ломаной линии для представления плотности вероятности обусловлен ограничениями используемых программных компонентов.

Уже на этом этапе можно заметить, что выборка пропускной способности имеет три дискретных состояния, которые выражены как «плато» на графике функции распределения. Подобное поведение свойственно для случая с неучтенными параметрами тестирования, существенно влияющими на поведение объекта тестирования, что решает первую задачу статистического анализа, поставленную в разделе 1.2. Теоретически можно автоматизировать выявление подобных ситуаций, например, по наличию нескольких экстремумов на графике плотности вероятности.

2.2 Оценка значения показателя

Задачу оценки значения параметра можно решить с помощью точечного либо интервального оценивания. С точки зрения исследования

производительности и оценки качества тестирования интервальное оценивание дает больше информации, чем точечное, поэтому использоваться будет именно оно.

Для интервального оценивания нужно определить доверительный интервал для заданной выборки. Доверительным интервалом в данном случае называется порожденный выборкой интервал с границами L и U такими, что

$$P(L \leq \theta \leq U) = p, \quad (5)$$

где p – заданный уровень доверия.

Из предположения, что результаты тестирования достоверны, зададим для построения доверительного интервала вероятность 95%, тогда доверительный интервал имеет границы

$$\bar{X} - 1,96 \sigma < \mu < \bar{X} + 1,96 \sigma, \quad (6)$$

где X_{Me} – медиана, σ – выборочное стандартное отклонение [2].

Для представленной выборки результатов тестирования задержки 95%-доверительный интервал имеет границы [2,064; 5,761]. Доверительный интервал пропускной способности на данной выборке оценивать не требуется, так как результаты недостоверны. С учетом доверительного интервала выборка выглядит следующим образом (рис. 5). Красным выделены значения, не попавшие в доверительный интервал.

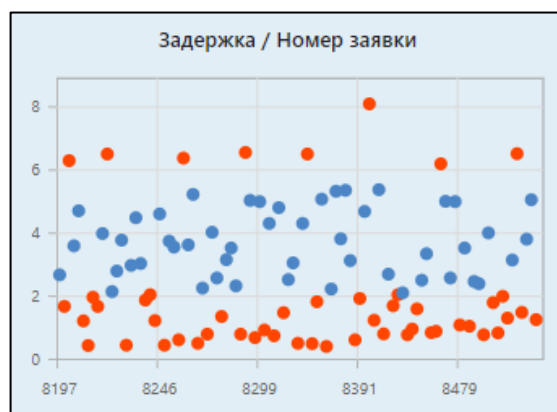


Рисунок 5 – Выборка результатов тестирования задержки

2.3 Математическая модель результатов тестирования на основе нормального распределения выборки.

Построенный доверительный интервал допускает большой разброс значений показателя. Для уточнения оценки результатов тестирования предлагается предположить тип распределения выборки среди известных распределений и создать, таким образом, модель результатов тестирования. На основании этой модели получать более точные оценки результата измерений [1].

Анализируемые значения показателя представляют из себя аддитивную сумму

$$X_i = S_i + n_i, \quad (7)$$

где X_i – наблюдаемое значение показателя, полученное в результате эксперимента, S_i – истинное значение измеряемого показателя, n_i – помеха. X является суммой детерминированного (S) и случайного (n) процессов, и, следовательно, она описывается случайным законом распределения [3].

Поскольку множество неконтролируемых условий тестирования вносят случайную погрешность, и ни одно из них не доминирует, а размер выборки больше 100 значений, то можно воспользоваться центральной предельной теоремой [2]. В этом случае можно предположить, что распределение выборки близко к нормальному.

Тогда математической моделью будет нормальное распределение с параметрами $M_m(X) = M_b(X)$ и $D_m(X) = D_b(X)$, где M_m и D_m – математическое ожидание нормального распределения (модели), а M_b и $D_b(X)$ – оценки математического ожидания и дисперсии, полученные по выборке.

95%-доверительный интервал для данного распределения рассчитывается по формуле:

$$\mathbb{P} \left(\bar{X} - z_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \leq X \leq \bar{X} + z_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \right) = 1 - \alpha, \quad (8)$$

где z_α – α -квантиль стандартного нормального распределения.

2.4 Математическая модель на основе распределения выборки, отличного от нормального.

Эксперимент показал, что даже при наличии 100 и более значений, выборки результатов тестирования, они могут иметь вид распределения, отличающийся от нормального.

Подобные случаи также нужно учитывать, но в отличие от нормального распределения, для них не всегда можно построить доверительный интервал, основываясь только на законе распределения.

Кроме модели нормального распределения, в исследовании также были реализованы модели следующих распределений;

- равномерное с параметром $\lambda = \frac{1}{X}$;
- равномерное распределение с параметрами $a = \min(X)$ и $b = \max(X)$;
- гамма-распределение с параметрами k и θ ;
- распределение Коши с параметрами x_0 и γ .

Параметры гамма-распределения и распределения Коши подбираются методом максимального правдоподобия.

2.5 Математический аппарат для проверки адекватности модели

Для обеспечения качества результата каждую из автоматически созданных моделей нужно проверять на адекватность. Для проверки адекватности модели используется критерий согласия Хи-квадрат. Гипотезой H_0 в данном случае является то, что распределение модели соответствует распределению исходной величины.

Для этого для эмпирического и нормального распределений находится сумма квадратов отклонений вероятностей по формуле [4]

$$\chi^2 = n \sum_{i=1}^{n_p} \frac{\left(\frac{n_i}{n} - P_X(i_n)\right)^2}{P_X(i_n)}, \quad (9)$$

где χ^2 – значение критерия, k – количество интервалов по формуле Стерджесса, n – размер выборки, n_i – количество значений выборки, попавших в i -тый

интервал, $P_X(i_n)$ – вероятность попадания значения в i -тый интервал согласно модели, рассчитываемый по формуле 4, n – размер выборки.

Полученное по формуле 9 значение сравнивается с критическим значением (χ^2_{crit}). Под критическим значением понимается значение обратной функции распределения Хи-квадрат с $(n - k - 1)$ степенями свободы на уровне значимости 0,05, где k – количество параметров распределения рассматриваемой модели [5].

Кроме того, нужно оценить степень доверия к значению теста Хи-квадрат. Для этого нужно найти значение P-value – значение функции распределения Хи-квадрат с $(n - k - 1)$ степенями свободы на значении χ^2 [6]. Критическим значением для значимости в исследовании взято значение 0,05.

Гипотезу можно принять, если значение критерия меньше критического значения, и P-value больше критического значения P-value.

Таким образом, формируется алгоритм определения адекватности модели, представленный на рисунке 6.

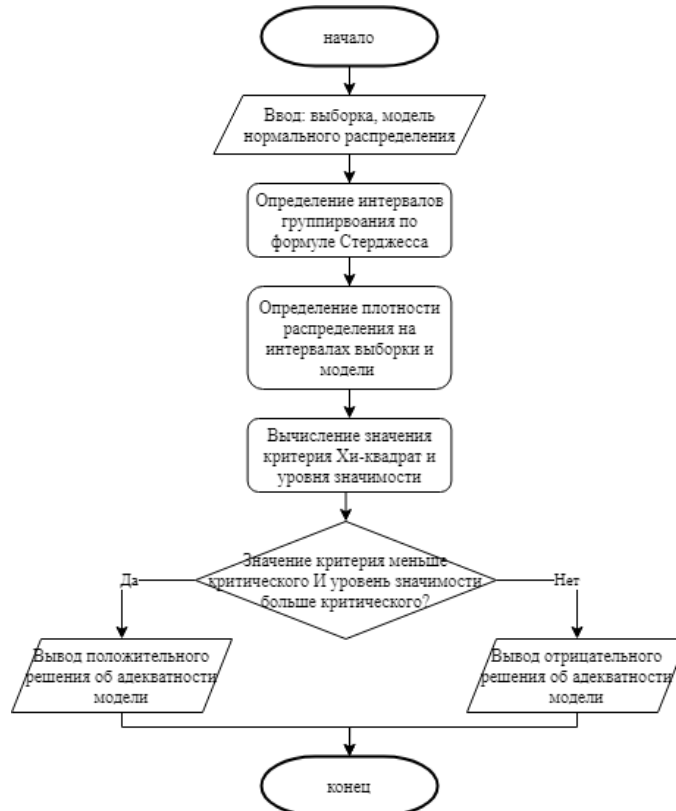


Рисунок 6 – Блок-схема определения адекватности модели нормального распределения

Тогда, блок-схему алгоритма определения границ доверительного интервала можно представить следующим образом (рис. 7).

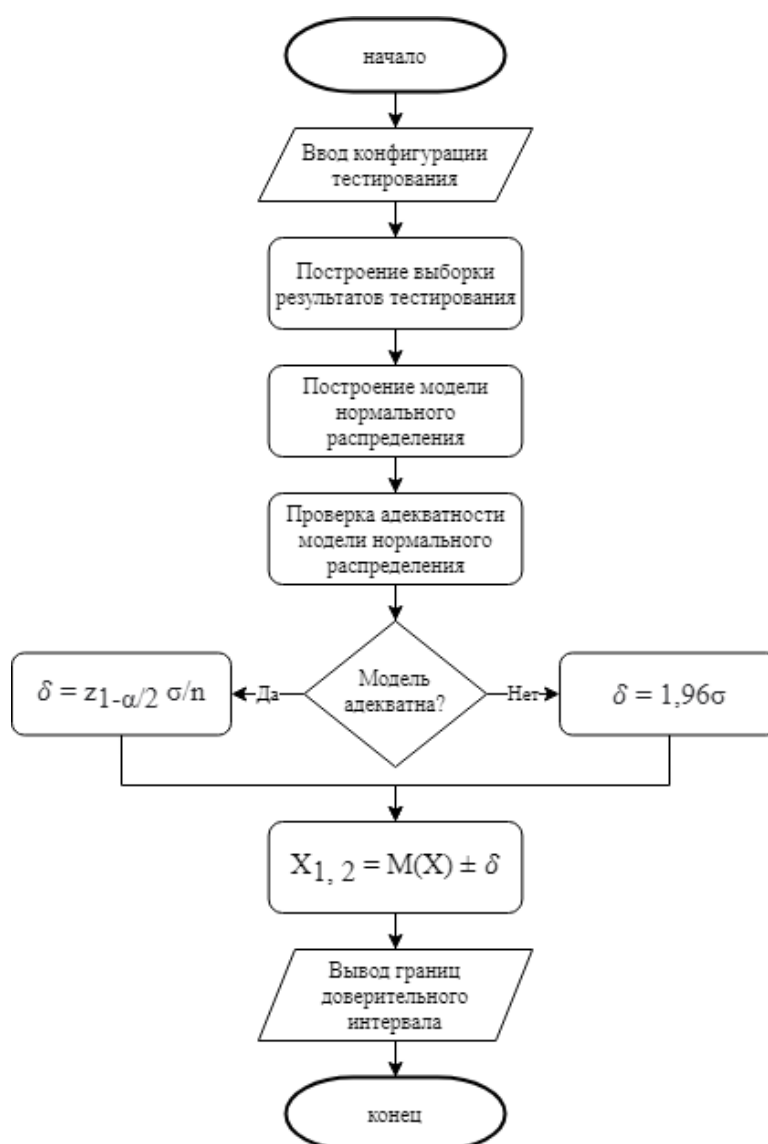


Рисунок 7 – Блок-схема алгоритма определения границ доверительного интервала

3 Программная реализация алгоритма

3.1 Требования к создаваемому приложению

Требования к создаваемому приложению можно разделить на функциональные и технические. Функциональные требования обусловлены решаемыми задачами и предметной областью. К техническим относятся требования, выдвигаемые уже существующей архитектурой ViPNet Performance Analyzer и стандартами разработки программ самой компании.

К группе функциональных требований можно отнести следующие:

1. анализироваться должны актуальные результаты тестирования;
2. задержка отклика на действие пользователя не должна превышать 0,5 секунд для не требующих запросов к серверу действий, и 10 секунд для действий, требующих запроса к серверу;
3. анализ должен проводиться на одном разделе сайта, без необходимости обновлять веб-страницу либо переходить на другие страницы;
4. доступ к веб-странице должны иметь только сотрудники команды разработки ViPNet Performance Analyzer и эксперты Центра научных исследований и перспективных разработок;
5. система должна позволять пользователю выбрать отдельно продукт, версию продукта, сборку, показатель. Наборы прочих параметров тестирования должны быть представлены в виде общего списка, при этом параметры в каждом элементе списка должны идти в алфавитном порядке;
6. система должна отображать измеренные значения показателя на диаграмме в порядке их получения, выделяя цветом те из них, которые находятся за пределами доверительного интервала;
7. система должна строить диаграмму плотности вероятности [7];

8. за кроме перечисленных двух диаграмм, требуется построить график функции вероятности и диаграмму с наложенными графиками плотностей сравниваемых видов распределений, однако эти графики должны быть по умолчанию скрыты от пользователя;
9. в текстовом виде должен выводиться результат анализа, включающий в себя:
 - среднее арифметическое,
 - выборочную и исправленную дисперсии;
 - вычисленный доверительный интервал;
 - перечень исследованных моделей распределения со значениями критерия Хи-квадрат, Р-уровнем значимости и решением, является ли данная модель адекватной.

К техническим требованиям относятся используемый язык разработки, фреймворки и библиотеки, система контроля версий, требования контроля качества кода и другие [8].

В продукте используются языки программирования C#, TypeScript, JavaScript. Для математического анализа данных используется библиотека Accord.NET. Построение графиков происходит на клиентской стороне с использованием библиотеки Syncfusion.

3.2 Разработка приложения

В соответствии с описанным алгоритмом и требованиями была разработана программа.

Для задания параметров входных значений модели, сбора данных для формирования модели и создания модели создается два новых ASP.NET-контроллера – классический для отображения пользовательского интерфейса и API-контроллер для взаимодействия пользовательского интерфейса с внутренней частью веб-приложения.

Пользовательский интерфейс создается с использованием фреймворка React на языке TypeScript с последующей трансляцией программного кода с сборку JavaScript с помощью упаковщика Webpack с модулями babel и typescript-

loader. На данном этапе необходимо обеспечить выполнение пунктов 2-4 функциональных требований. На рисунке 8 представлен начальный экран пользовательского интерфейса.

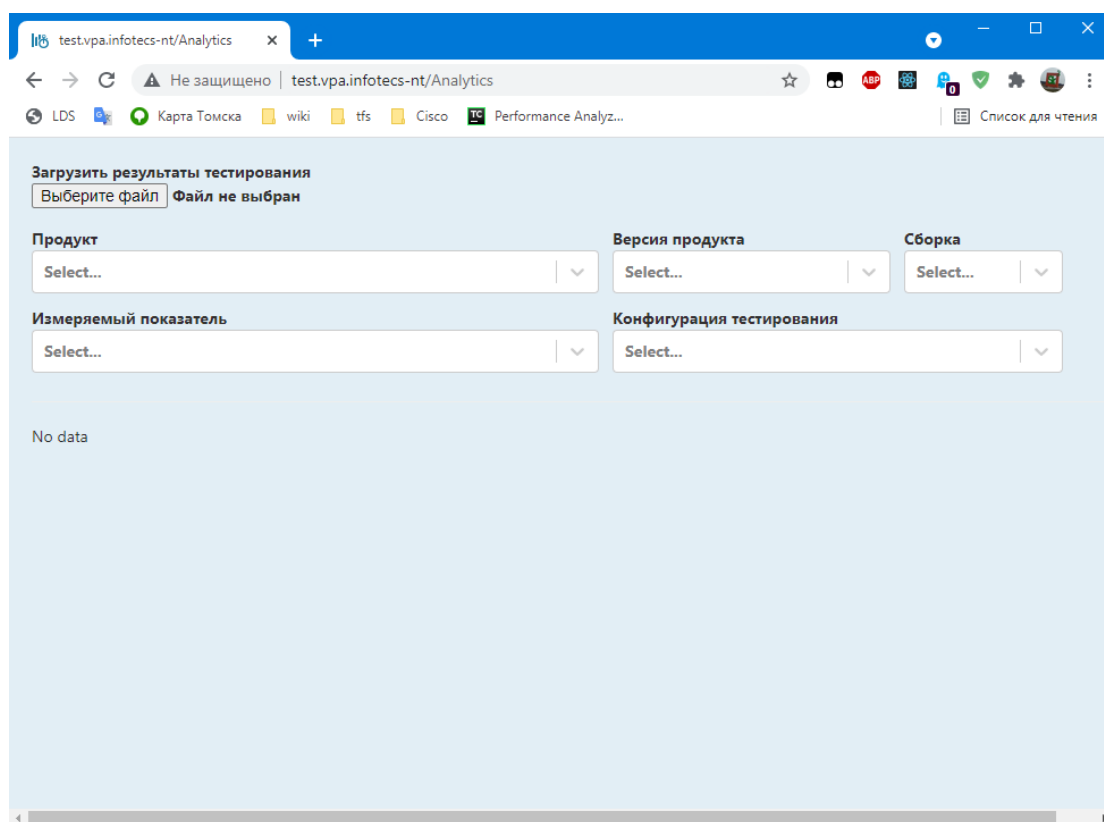


Рисунок 8 – Пользовательский интерфейс - начальный экран

Данные проведенных исследований находятся в реляционной базе данных MySQL. Получить их можно с помощью SQL-запроса, в частности содержащем данные и требуемых параметрах выборки. В проекте VPA для взаимодействия с БД используется фреймворк Entity Framework, инкапсулирующий работу с БД и скрывающий формирование, выполнение и разбор SQL-запросов.

После получения API-запроса веб-сервер с помощью репозитория формирует запрос к БД, получает необходимые числовые вещественные данные – результаты измерений. На этом этапе необходимо оптимизировать запрос к базе данных так, чтобы обеспечить быстродействие достаточное, чтобы обеспечить выполнение пунктов 1-2 функциональных требований.

Вся программная реализация сбора данных осуществляется на языке C# без прямого использования SQL, что позволяет повысить читаемость кода.

Полученные из БД результаты измерений формируют выборку, статистические характеристики которой – математическое ожидание и дисперсия – программно вычисляются. Они служат параметрами нормального и экспоненциального распределений, также подбираются методом максимального правдоподобия параметры распределения Коши и гамма-распределения [9].

Определение адекватности моделей с помощью критерия Хи-квадрат реализуется программно с помощью циклов. Критические значения обычно рассматриваются как табличные, однако возможности ЭВМ позволяют найти их именно как значения соответствующих функций, что является более гибким подходом по сравнению с заданием программных констант, и улучшает читаемость программного кода.

Для работы с функциями распределений используется библиотека Accord.NET.

В случае, если модель нормального распределения не признана адекватной, границы доверительного интервала определяются по формуле 6, иначе – по формуле 8. Знания об адекватности отличных от нормальной модели используется для исследовательских целей.

3.3 Система контроля версий

Одновременно с разработкой панели анализа результатов тестирования велись с другие работы над ViPNet Performance Analyzer. Для совместной работы с кодом использовалась система контроля версий Git, интегрированное с Microsoft Azure DevOps Server.

В начале разработки от основной ветки проекта была создана ветка «snipr-analytics-1», в которой и велась дальнейшая разработка. В конце каждого рабочего дня в нее сливались измерения из основной ветки с целью минимизации различий, состояние ветки публиковалось на центральный репозиторий компании с помощью встроенных средств среды программирования JetBrains Rider.

По достижении разрабатываемого средства статуса минимально жизнеспособного продукта был создан запрос на вытягивание изменений из ветки «snipr-analytics-1» в основную ветку разработки. После одобрения изменений командой разработки ветки были автоматически «слиты» с удалением ветки «snipr-analytics-1».

После получения обратной связи от Центра научных исследований и перспективных разработок разработка была продолжена таким же образом.

3.4 Непрерывная интеграция

С целью изоляции сборки от рабочего окружения какого-либо члена команды, для сборки проекта и формирования архива с артефактами JetBrains TeamCity – сервер сборки для непрерывной интеграции.

Сборка и развертывание происходят в полуавтоматическом режиме. После слияния изменений в основную ветку разработки и нажатия соответствующей кнопки система сборок автоматически распределяет собираемые проекты на сборочные агенты с соответствии с их зависимостью друг от друга.

В рассматриваемом проекте существуют три микросервиса, поэтому создаются пять задач на сборку (в «худшем случае» глобальных изменений), включая задачу сборки веб-сервиса и задачу объединения артефактов в один архив.

После завершения сборки артефактов они загружаются на виртуальную машину, скрипт развертывания останавливает запущенные микросервисы, заменяет старые артефакты новыми, и запускает систему.

Поскольку изменения, реализующие панель анализа результатов нагрузочного тестирования, затронули только проект веб-приложения и не оказали влияния на микросервисы, система сборки запустила только две задачи сборки – сборки веб-проекта и объединения артефактов в один архив.

4 Тестирование разработанного приложения

4.1 Модульное тестирование

Тестирование алгоритма определения границ доверительного интервала и анализа типа распределения производится с помощью модульного тестирования с использованием фреймворка xUnit.

Для этого были написаны модульные тесты, покрывающие публичные методы класса анализа выборки.

Тестирование производится путем анализа программным кодом заранее сгенерированных выборок, учитывающих как позитивные, так и негативные сценарии.

К негативным сценариям относится критически малый размер выборки (1-2 значения), отсутствие разброса ($\sigma^2 = 0$).

Позитивные сценарии представлены:

- выборками, сгенерированными по каждому из законов рассматриваемых распределений;
- выборкой, которой нельзя построить адекватную модель имеющимися распределениями.

Все сценарии для модульного тестирования имеют образцовые результаты, с которыми с определенной точностью должны совпадать вычисленные алгоритмом математическое ожидание, выборочное среднеквадратичное отклонение, исправленное среднеквадратичное отклонение, значения критерия Хи-квадрат и Р-уровни значимости одной или нескольких моделей.

Модульное тестирование программного кода считается проваленным, если вычисленные значения не совпадают с заранее заданными. Модульное тестирование производится часто – при каждой сборке веб-приложения, что позволяет снизить риски вычислительных ошибок в программном коде.

4.2 Тестирования с помощью Lighthouse

Средство оценки показателей качества веб-страниц Lighthouse входит в состав Chrome DevTools браузера Google Chrome. С помощью него можно получить значения показателей производительности страницы, таких как задержка отрисовки содержимого, время загрузки страницы, загруженность процессора при работе и другие. Также, при наличии карты кода, данный инструмент позволяет оценить качество кода и используемые общепринятые практики программирования.

Результат анализа панели анализа кода приведен на рисунке 9.

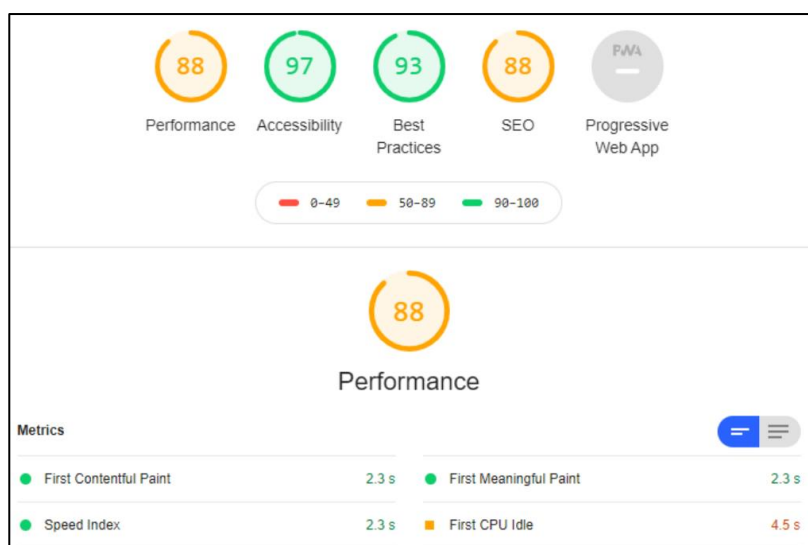


Рисунок 9 – Анализ веб-страницы

Полученные результаты свидетельствуют о высокой производительности клиентской части приложения.

Производительность находится на верхней границе «средних» результатов, что является хорошим показателем, дальнейшая доработка для повышения этого показателя не требуется.

Показатель «доступности» имеет высокое значение благодаря использованию «лучших практик» в разработке React-компонентов.

Показатель «лучшие практики» не достиг максимального значения ввиду использования приложением http протокола, в то время как Lighthouse рекомендует использовать безопасный https. В данном случае это оправдано, т.к.

приложение является внутренним для компании и доступно только внутри ее сети.

4.3 Тестирование производительности серверной части

Тестирование производительности производилось при следующих условиях:

- процессор: Intel Core i7-6700 3.40GHz;
- оперативная память: 32 Гб;
- операционная система: Microsoft Windows 10 Корпоративная;
- браузер: Google Chrome 87.0.4280.66.

В тестировании производительности серверной части использовались два наиболее требовательных к производительности сценария: запрос измеренных конфигураций и запрос результатов статистического анализа. Тестирование производилось с использованием приложения JMeter в один и два параллельных потока по методу «белого ящика» с профилированием средствами JetBrains dotTrace.

В ходе тестирования было выявлено множество обращений к базе данных, что являлось следствием ошибки в «ленивой» выгрузке результатов из БД, и исправлено путем оптимизации запроса.

Кроме того, удалось объединить запрос конфигураций тестирований ПАК и запрос результатов тестирований. Это увеличило время запроса конфигураций на 10% до 10 секунд, однако, благодаря кешированию, последующий запрос результатов измерений ускорился с 7 секунд до 0,2 секунды.

5 Функционал приложения

Результатом работы является панель исследования результатов тестирования производительности программно-аппаратных комплексов АО «ИнфоТеКС», представленная веб-страницей.

Начальный экран показан на рисунке 5. Пользователь, имеющий доступ к панели, может выбрать интересующие его продукт, версию продукта, версию сборки, показатель и набор параметров тестирования.

При изменении значения какого-либо выпадающего списка запрашивается содержимое для следующего за ним выпадающего списка. При этом за счет получения данных малыми объемами при каждом выборе значений в выпадающих списках, удастся достигнуть времени отклика интерфейса менее 0,5 секунд даже с учетом запросов к серверу.

После выбора значений во всех выпадающих списках строятся диаграммы измеренных значений показателя, плотности выборки и результат анализа в тестовом виде. При этом на диаграмме измеренных значений показателя выделяются цветом точки, не вошедшие в доверительный интервал. Вид панели показан на рисунке 10.

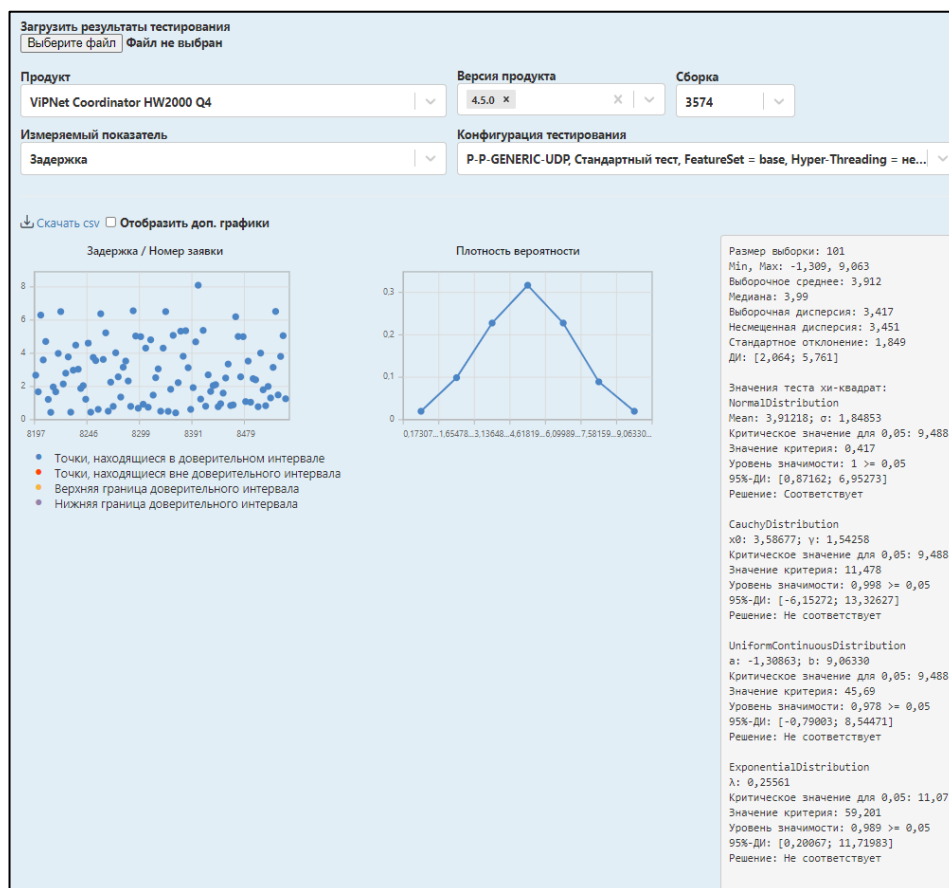


Рисунок 10 – Скриншот панели с результатами анализа

Для этого на серверной части приложения производятся следующие манипуляции:

- выгрузка из базы данных протестированных конфигураций и формирование выборки результатов:

```
List<RequestTestResultDataEntity> requestTestResultDataEntities = GetSignificantResultsQuery
    .Execute(new EmptyInputModel()).Data
    .Where(r => model.ProductVersionId == r.RequestTest.Request.ProductVersionId)
    .Where(r => model.BuildNumber == null || r.RequestTest.Request.AssemblyNumber == model.BuildNumber)
    .Where(r => r.RequestTest.Request.Methodology.Status == MethodologyStatus.InUseAuto)
    .ToList();
var results = requestTestResultDataEntities
    .Select(r => new
    {
        r.ResultParameterId,
        Methodology = r.RequestTest.Request.Methodology.TestCode,
        TestType = r.RequestTest.Type,
        FeatureSet = r.RequestTest.Request.FeatureSet?.Title,
        ResultParameterName = r.ResultParameter.FullName,
        TestParameters = r.RequestTest.Request.ParameterValues.Select(req => req.ParameterValue)
            .Select(test => new { Name = test.Parameter.ShortName, Value = test.Value.ToString() }),
        RequestParameters = r.RequestTest.RequestTestParameterValues.Select(test => test.ParameterValue)
            .Select(test => new { Name = test.Parameter.ShortName, Value = test.Value.ToString() }),
        Value = r.RawDataResult,
        RequestNumber = r.RequestTest.Request.ShortId,
        AssemblyNumber = r.RequestTest.Request.AssemblyNumber ??
            r.RequestTest.Request.ExpectedAssemblyNumber,
    })
    .ToList();
```

- формирование моделей распределений:

```
if (sample.All(x => Math.Abs(x - sample[0]) < 0.0001))
{
    throw new Exception("Анализ невозможен: все значения (" + sample.Length +
        " шт) имеют одинаковое значение (" + sample[0] + ")");
}

var empDist = new EmpiricalDistribution(sample, 1);
var normDist = new NormalDistribution(sample.Mean(), sample.StandardDeviation(false));
var expDist = sample.Mean() <= 0 ? null : new ExponentialDistribution(1.0 / sample.Mean());
var gammaDist = sample.Any(x => x < 0) ? null : GammaDistribution.Estimate(sample);
var uniConDist = new UniformContinuousDistribution(sample.Min(), sample.Max());
var cauchyDist = new CauchyDistribution().FitNew(sample);
```

- определение требуемого количество интервалов для плотности распределения и построение модели для диаграммы плотности распределения:

```
GetSterdParameters(sample, out double probMin, out int slices, out double probStep);
var points = new List<UnivariateContinuousDistribution, Point[]>();

foreach (var distribution in distributions)
{
    points.Add((
        distribution,
        Enumerable.Range(1, slices)
            .Select(i =>
            {
                var value = probMin + (i * probStep);
                var prevValue = probMin + ((i - 1) * probStep);
                var s2 = distribution == null
                    ? 0
                    : distribution.DistributionFunction(value) - distribution.DistributionFunction(prevValue);
                return new Point(value, (float)s2);
            })
            .ToArray());
}
```

- для каждой модели распределения определяется количество степеней свободы:

```
var numberOfArgs = distribute.Item1 switch
{
    NormalDistribution => 2,
    ExponentialDistribution => 1,
    GammaDistribution => 2,
    UniformContinuousDistribution => 2,
    CauchyDistribution => 2,
    _ => throw new ArgumentOutOfRangeException(),
};

int degreesOfFreedom = empProb.Item2.Length - numberOfArgs - 1;
```

- определяется значения критерия Хи-квадрат и его значимость, и полученные данные сравниваются с требуемыми:

```
var test = new ChiSquareTest(
    distribute.Item2.Select(p => p.Y).ToArray(),
    empProb.Item2.Select(p => p.Y).ToArray(),
    degreesOfFreedom);

var significantCriticalValue = 0.05;
var significantValue = test.PValue;
var significant = significantValue >= significantCriticalValue;

var statisticCriticalValue = test.StatisticDistribution.InverseDistributionFunction(1 - 0.05);
var statisticValue = test.Statistic * sample.Length;
var stat = statisticValue < statisticCriticalValue;
```

- определяются доверительный интервал в зависимости от результата проверки модели нормального распределения на адекватность:

```
double num = 1.959963985; // Квантиль для 0,05
double delta = num * sample.StandardDeviation(false);
if (isNormal == true)
{
    delta = num * normalDistribution.StandardDeviation / Math.Sqrt(sample.Length);
}

return new Range((float)(sample.Mean() - delta), (float)(sample.Mean() + delta));
```

- строятся модели для диаграмм значений выборки, функции распределения и проверки критерия (для кратности приведен только код для построения модели диаграммы выборки):

```
var chartSeriesViewModels = new List<ChartSeriesViewModel<ChartPointWithLinkViewModel>>
{
    new ()
    {
        Points = measures
            .Select(x => new ChartPointWithLinkViewModel
            {
                Link = $"/Request/ShowByShortId?shortRequestId={x.RequestNumber}",
                X = groupByAssembly ? x.AssemblyNumber : x.RequestNumber.ToString(),
                Y = x.Value.Value,
            })
            .ToList(),
    },
};
```

После описанных действий в клиентской части приложения отображается результат анализа и диаграммы значений выборки и плотности распределения. Диаграмма плотности вероятности и диаграмма с наложенными графиками плотностей сравниваемых видов распределений появляются при выборе расширенного режима. Для этого пользователю следует отметить флажок «Отобразить доп. графики». Вид панели с отображением дополнительных диаграмм приведен на рисунке 11.

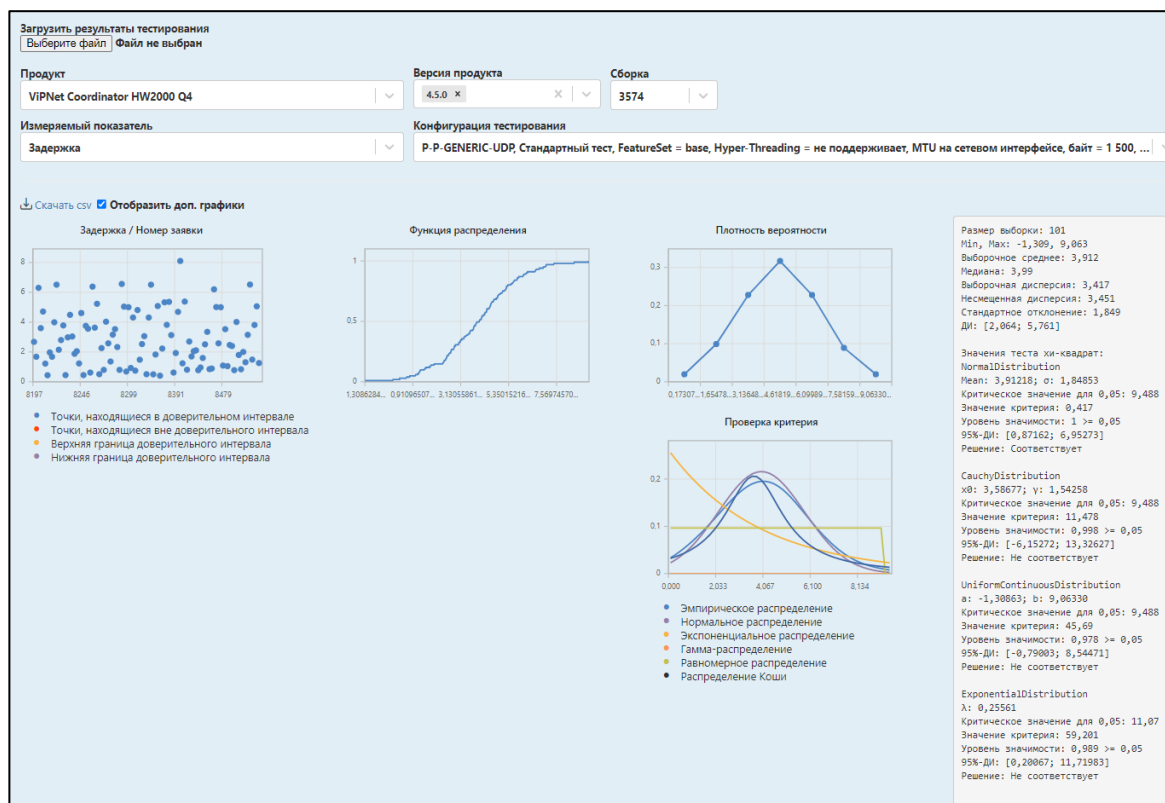


Рисунок 11 – Панель с результатами анализа с отображением дополнительных графиков

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе рассматривается проектирование и создание конкурентоспособных разработок, отвечающих современным требованиям в области ресурсосбережения и ресурсоэффективности, оценка коммерческого и научного потенциала разработки, планирование научно-исследовательских работ и их бюджета.

6.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала научных исследований

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Реализуемое в рамках работы решение является частью веб-приложения ViPNet Performance Analyzer, и служит для автоматизированного анализа результатов тестирования. Таким образом, к первичным потребителям можно отнести изучающих поведение программно-аппаратных комплексов АО «ИнфоТеКС» людей, а именно сотрудников Отдела исследования производительности (ОИП) и Центра научных исследований и перспективных разработок (ЦНИПР). Также можно выделить непосредственных тестируемых и заказчиков тестирования.

Таким образом, потребителей можно разделить на три почти не пересекающихся группы по потребностям: эксперты-исследователи ОИП, эксперты-исследователи ЦНИПР и пользователи ViPNet Performance Analyzer (заказчики тестирования и инженеры по тестированию). Также можно выделить следующие назначение приложения:

- определение доверия к результату тестирования по заявке (анализ доверия);
- определение характеристик выпускаемых программно-аппаратных комплексов (анализ показателей);
- определение погрешностей измерений по методике и качества методики в целом (анализ методик).

Результаты сегментирования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Карта сегментирования

		Потребители		
		Эксперты ОИП	Эксперты ЦНИПР	Заказчики и инженеры по тестированию
Назначение решения	Анализ доверия	-	-	+
	Анализ показателей	+	+	-
	Анализ методик	-	+	-

Так как разработанное приложение решает все три задачи (строки таблицы), то основным сегментом рынка является область разработки программного обеспечения для всех трех категорий потребителей.

6.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для определения оценки эффективности данной научной разработки и ее дальнейшего направления развития проведем анализ конкурентных решений.

Для алгоритма, исследованного в работе, основным критерием информативности является пара значений границ доверительного интервала, найденная с использованием комбинированного метода нахождения доверительного интервала эмпирической выборки и модели (осн). Конкурентные методы: определение границ доверительного интервала на основании только значений выборки (выб) и на основании только модели с нормальным распределением (мод). Оценочная карта сравнения приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _{осн}	Б _{выб}	Б _{мод}	Б _{осн}	Б _{выб}	Б _{мод}
Эффективность	0,3	4	4	3	1,2	1,2	0,9
Устойчивость	0,2	4	3	1	0,8	0,6	0,2
Временные затраты	0,2	5	4	4	1,0	0,8	0,8

Новизна метода	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
Простота реализации	0,1	3	5	4	0,3	0,5	0,4
Универсальность	0,1	4	4	2	0,4	0,4	0,2
Итого	1,0	25	23	17	4,2	3,8	2,8

По полученным результатам можно сделать вывод, что разрабатываемый алгоритм для нахождения границ доверительного интервала является по конкурентоспособности наиболее эффективным.

6.1.3 Технология QuaD

Для определения позиции разработки на рынке необходимо определить ее конкурентоспособность, эффективность и другие характеристики. Для такой оценки существует технология QuaD-анализа.

Для QuaD-анализа были выделены приведенные ниже характеристики продукта:

- потребность в ресурсах – минимальная либо рекомендуемая для комфортной работы конфигурация оборудования;
- кроссплатформенность – поддержка продуктом различных устройств и ОС, что означает возможность воспользоваться продуктом на них;
- функциональная мощность – показатель, отражающий количество функций, выполняемых продуктом, а также качество их реализации;
- простота эксплуатации – показатель, отражающий простоту использования продукта, интуитивность пользовательского интерфейса, предсказуемость результатов действий;
- устойчивость к сбоям – способность продукта справиться с критической ситуацией, в частности способность восстановиться после сбоя;
- оказываемая нагрузка на сеть – показатель, отражающий загруженность сетевого канала во время пользования продуктом.

В таблице 4 представлена карта сравнения конкурентных технических решений.

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес	Баллы	Макс. балл	Отн. знач.	Ср.-взвеш. знач.
Показатели оценки качества разработки					
1. Потребность в ресурсах	0,1	70	100	0,7	0,07
2. Кроссплатформенность	0,1	90	100	0,9	0,09
3. Функциональная мощность	0,15	80	100	0,8	0,12
4. Простота эксплуатации	0,1	90	100	0,9	0,09
5. Устойчивость к сбоям	0,15	90	100	0,9	0,135
6. Оказываемая нагрузка на сеть	0,1	90	100	0,9	0,09
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Доступность	0,05	80	100	0,8	0,04
8. Перспективность рынка	0,05	80	100	0,8	0,04
9. Законченность работы	0,2	70	100	0,7	0,14
Итого					0,815

Технология QuaD позволяет оценить качество и перспективность разработки, используя формулу 10.

$$П_{ср} = \sum_{i=1}^n B_i \cdot Б_i, \quad (10)$$

где $П_{ср}$ – значение показателя перспективности и качества разработки, B_i – вес показателя (в долях единицы), $Б_i$ – средневзвешенное значение i -го показателя.

Расчет показал, что интегральный показатель конкурентоспособности разработки составляет 0,815, что является благоприятным для разработки.

6.2 SWOT-анализ

С целью выявления сильных и слабых сторон продукта, а также выявления угроз и возможностей используется SWOT-анализ. Он заключается в создании матрицы, представленной в таблице 5.

Таблица 5 – Матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Использование современных Веб-технологий.</p> <p>С2. Время отклика клиентской панели.</p> <p>С3. Возможность использования на различных платформах.</p> <p>С4. Простота интерфейса.</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Запрос к БД выполняется дольше 5 секунд.</p> <p>Сл2. Потенциально большой объем кеша.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Расширение функционала.</p> <p>В2. Использование сторонних математических фреймворков.</p> <p>В3. Изменение структуры БД.</p>	<p>В1С1: использование современных технологий облегчит дальнейшее совершенствование приложения.</p> <p>В2С4: использование стандартного общепринятого формата вывода, реализуемого сторонними библиотеками, увеличит качество пользовательского опыта.</p>	<p>В3Сл2: при изменении структуры БД можно оптимизировать получение данных, что ускорит выполнение запросов приложения.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Ограниченный функционал.</p> <p>У2. Появление новых потребностей экспертов-исследователей.</p> <p>У3. Развитие и появление сторонних разработок экспертов-исследователей, выполняющих аналогичные задачи.</p>	<p>У3С3: отсутствие кроссплатформенности может повлиять на востребованность решения.</p>	<p>У2Сл1: удовлетворение новых потребностей экспертом-исследователей может увеличить время выполнения запросов к БД. Для устранения этого недостатка требуется переработать структуру хранения данных.</p>

Как следует из таблицы, основными рисками при дальнейшей разработке и продвижении решения является скорость запросов к БД, а также риск появления сторонних разработок, обладающих схожим функционалом.

6.3 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Продукт с заданным функционалом можно создать различными способами. С целью выявления и описания возможных способов разработки продукта был использован морфологический подход, заключающийся в декомпозиции задачи на составные части, поиске возможных способов решений отдельных частей и последующем систематизированном сочетании их.

Результаты морфологического анализа задачи представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Морфологическая таблица

	1	2	3
А. Количество языков программирования, участвующих в решении задачи	1	2	Больше 2
Б. Платформа для анализа	TypeScript	C# (.NET)	-

Путём комбинации различных параметров были определены два наиболее оптимальных варианта исполнения:

- A2B1;
- A2B2.

Для данной матрицы наиболее оптимальным вариантом исполнения является A2B2, так как в этом случае две части решения – будут выполнять задачи наиболее оптимально.

6.4 Планирование научно-исследовательских работ

6.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для оценки трудоемкости выпускной квалификационной работы используются человеко-дни (ч.-д.). Трудоемкость сложно предсказать, так как она зависит от большого числа факторов, поэтому трудоемкость несет вероятностный характер.

Для реализации проекта необходимы: инженер (И) и научный руководитель (НР). Основные этапы выполнения ВКР приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Основные этапы выполнения ВКР

№	Описание этапа	Исполнители	Загруженность исполнителей
1	Составление и утверждение задания	НР	НР – 100%
2	Анализ предметной области	И, НР	И – 50% НР – 50%
3	Разработка календарного плана	И, НР	И – 20% НР – 80%
4	Обзор литературы и интернет-источников	И, НР	И – 40% НР – 60%
5	Обзор задач и методов решения задач определения доверия к результатам тестирования	И	И – 100%
6	Математическая постановка задачи	И, НР	И – 10% НР – 90%
7	Выбор метода решения поставленной задачи	И, НР	И – 10% НР – 90%
8	Разработка архитектуры приложения	И	И – 100%
9	Программная реализация компьютерной модели	И	И – 100%
10	Проведение исследований на модельных данных	И, НР	И – 80% НР – 20%
11	Проведение исследований на реальных данных	И, НР	И – 60% НР – 40%
12	Расчет экономической эффективности научно-технической продукции	И	И – 100%
13	Оценка социальной ответственности проекта	И	И – 100%
14	Написание пояснительной записки	И, НР	И – 90% НР – 10%

6.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научной работы носит вероятностный характер и зависит от практической направленности поставленной задачи и совокупности других трудно учитываемых факторов. Наибольшей статьей расходов в определении трудоемкости является оплата труда сотрудников.

Средняя трудоемкость исследования ($t_{ож i}$) рассчитывается по формуле 11.

$$t_{ож i} = \frac{3t_{min i} + 2t_{min i}}{5}, \quad (11)$$

где $t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; $t_{min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.; $t_{max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Продолжительность каждого этапа рассчитывается по формуле:

$$t_{раб} = t_{ож} \cdot k_d, \quad (12)$$

где $t_{раб}$ – длительность этапов в рабочих днях; k_d – коэффициент, учитывающий дополнительное время на консультации и согласование работ, $k_d = 1,2$.

6.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Традиционно, для планирования исследований используется диаграмма Ганта. Эта диаграмма представляет собой горизонтально-ленточный график, на котором горизонтальная ось отражает временной промежуток, а вертикальная ось содержит перечень работ.

Построение диаграммы Ганта осуществляется путем откладывания по очереди отрезков, длина которых равна полученным значениям $t_{раб}$, переведенным в календарные дни по формуле 13.

$$t_k = t_{раб} \cdot K_H, \quad (13)$$

где K_H – коэффициент календарности, t_k – длительность этапов работ в календарных днях.

Для расчета коэффициента календарности используется формула 14.

$$K_H = \frac{T_k}{T_k - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (14)$$

где T_k – количество календарных дней, $T_k = 365$, $T_{вд}$ – количество выходных дней, $T_{вд} = 108$, $T_{пд}$ – количество праздничных дней, $T_{пд} = 10$. Таким образом,

$$K_H = \frac{365}{365 - 108 - 10} = 1,478. \quad (15)$$

Проведенные расчеты представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Временные показатели проведенных работ

№	Наименование работ	Исполнители	Продолжительность работы в днях			Трудоемкость	
			$t_{min i}$	$t_{max i}$	$t_{ож i}$	$t_{раб}$	t_k
1	Составление и утверждение задания	НР	1	2	1,4	1,68	2,48
2	Анализ предметной области	И, НР	2	3	2,4	2,88	4,26
3	Разработка календарного плана	И, НР	1	2	1,4	1,68	2,48
4	Обзор литературы и интернет-источников	И, НР	3	5	3,8	4,56	6,74
5	Обзор задач и методов решения задач определения доверия к результатам тестирования	И	2	5	3,2	3,84	5,68
6	Математическая постановка задачи	И, НР	3	6	4,2	5,04	7,45
7	Выбор метода решения поставленной задачи	И, НР	5	8	6,2	7,44	11,00
8	Разработка архитектуры приложения	И	3	6	4,2	5,04	7,45
9	Программная реализация компьютерной модели	И	4	6	4,8	5,76	8,51
10	Проведение исследований на модельных данных	И, НР	2	5	3,2	3,84	5,68
11	Проведение исследований на реальных данных	И, НР	2	4	2,8	3,36	4,97
12	Расчет экономической эффективности научно-технической продукции	И	5	7	5,8	6,96	10,29
13	Оценка социальной ответственности проекта	И	4	5	4,4	5,28	7,80
14	Написание пояснительной записки	И, НР	9	12	10,2	12,24	18,09
Итого					58,0	69,60	102,87

НР – научный руководитель, И - инженер

На основании таблицы 8 построена диаграмма Ганта, представленная на рисунке 12.

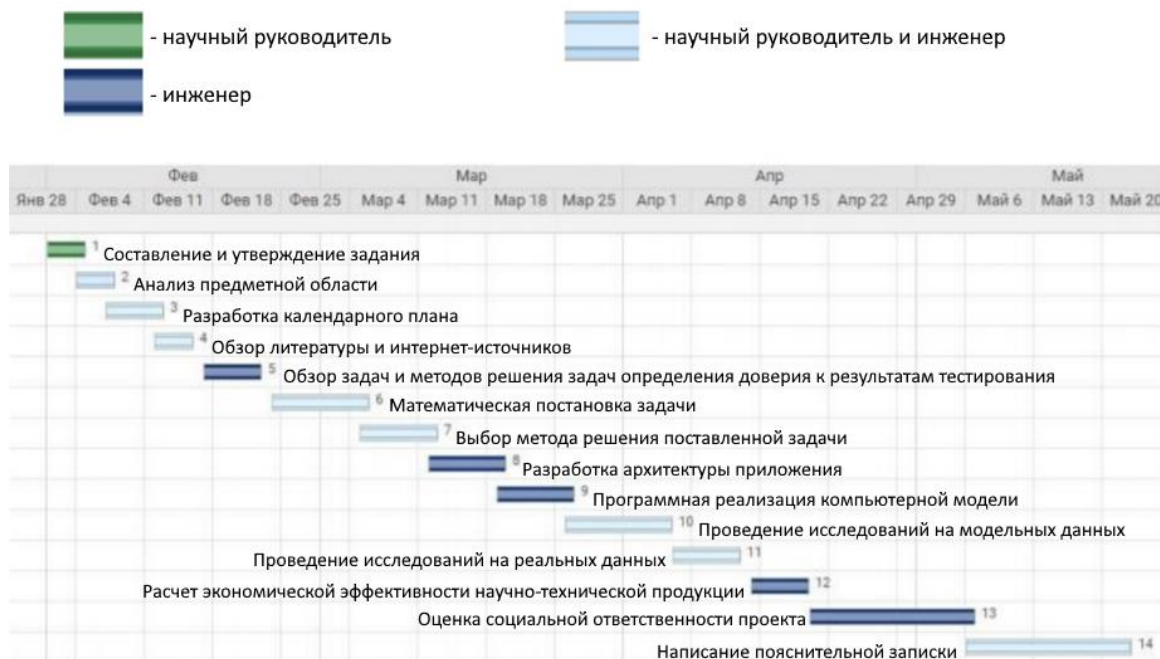


Рисунок 12 – Диаграмма Ганта

6.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

6.5.1 Расчет материальных затрат

В этом подразделе оценивается стоимость всех материальных ценностей, непосредственно расходуемых в процессе выполнения работ.

Теоретические исследования, а также моделирование системы требуют ряд программных продуктов: Microsoft Office Word, Microsoft Office Excel, Visual Studio Code, MsBuild и др. Большинство из них предоставляются бесплатно для студентов ТПУ, другие находятся в свободном доступе в сети «Интернет». Таким образом, затраты на материалы включают в себя расходы на канцелярские принадлежности. Для исследований используется персональный компьютер с бесплатным доступом к лицензии Microsoft Office. В материальные затраты также включаются транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) в пределах от 5% до 20% от общей цены материалов. Расчёт материальных затрат приведён в таблице 9.

Таблица 9 – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Офисная бумага, упак. 500 листов	310,00	1	310,00
Тетрадь общая, 48 л.	50,00	1	50,00
Шариковая ручка	30,00	3	90,00
Итого			450,00
Итого с учётом ТЗР (10%)			495,00

6.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме.

В ходе выполнении НТИ использовалось имеющееся компьютерное оборудование, поэтому его стоимость учитывается в калькуляции (таблица 10).

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$З_{об} = \frac{Ц \cdot F_{\phi}}{F_H \cdot F_{CC}}, \quad (16)$$

где Ц – цена оборудования, руб.; F_H – номинальный фонд времени (рабочее время в году), ч; F_{CC} – срок службы оборудования, год; F_{ϕ} – фактическое время занятости оборудования в НИР, ч. $F_H = 365 - 104 - 11 = 250$ дней = 2000 ч.

Таблица 10 – Расчет бюджета затрат на приобретение и амортизацию оборудования

№	Наименование	F_{CC} , год	F_{ϕ} , ч.	$З_{об}$, руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Компьютер HP Envy 795-0003ur	6	640	5 334,00	100 000,00
Итого				5 334,00	100 000,00

6.5.3 Основная заработная плата исполнителей

Оклад научного руководителя (в должности доцента) составляет 36 174 рублей. Оклад разработчика принимается равным окладу инженера низшей квалификации, и составляет 18 426 рублей.

Перед расчетом основной заработной платы рассчитаем годовой фонд рабочего времени научного руководителя (таблицы 11, 12).

Таблица 11 – Баланс времени

Показатели рабочего времени	Значения
Календарные дни	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	52 / 10
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	255

Таблица 12 – Результаты расчета основной заработной платы

Исполнители	Тарифная заработная плата, руб.	Районный коэффициент	Месячный должностной оклад работника, руб.	Среднедневная заработная плата, руб.	Продолжительность работ, дни	Заработная плата основная, руб.
Научный руководитель	36 174,00	1,3	47 026,20	1 959,43	43,15	84 549,41
Инженер	18 426,00	1,3	23 953,80	998,08	100,40	100 207,23
Итого						184 756,64

6.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей

Дополнительная заработная плата включает в себя начисления по нескольким категориям. К этим категориям относятся: оплата за работу в опасных и вредных условиях труда, оплата за сверхурочный труд и премия, выплаты, предусмотренные Трудовым кодексом РФ (отпуска, компенсации за командировки и т.д.).

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (17)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, в данной работе равный 0,12.

Тогда дополнительная заработная плата научного руководителя и инженера равна:

$$З_{\text{доп рук}} = 0,12 \cdot 84\,549,41 = 10\,145,93 \text{ рублей}$$

$$З_{\text{доп инж}} = 0,12 \cdot 100\,207,23 = 12\,024,87 \text{ рублей}$$

6.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления на оплату труда работников. Для определения величины отчислений во внебюджетные фонды воспользуемся формулой 18.

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (18)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Расчет отчислений во внебюджетные фонды приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет отчислений

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Отчисления во внебюджетные фонды, руб.
Руководитель проекта	84 549,41	10 110,66	26 514,70
Инженер	100 207,23	12 024,87	31 424,99
Итого			57 939,69

6.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = k_{накл} \cdot (\text{сумма расходов статей}) = 13\,222 \text{ рублей} \quad (19)$$

где k – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

6.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Полученная величина затрат НИР представляет собой основу для формирования бюджета затрат проекта. Проект защищается научной организацией при заключении договора с организацией-заказчиком в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

В таблице 14 представлены результаты вычисления бюджета затрат на НИР.

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Удельный вес, %
1. Затраты на специальное оборудование	100 000,00	26,05%
2. Затраты на основную заработную плату	184 756,64	48,12%
3. Затраты на дополнительную заработную плату	22 170,80	5,77%
4. Отчисления во внебюджетные фонды	57 939,69	15,09%
5. Накладные расходы	13 222,00	3,44%
6. Амортизация оборудования	5 334,00	1,39%
7. Материальные затраты	495,00	0,13%
Бюджет затрат НТИ	383 918,13	100%

6.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (20)$$

где Φ_{pi} – стоимость варианта исполнения, Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Т.к. стоимость всех вариантов исполнения одинакова, интегральные финансовые показатели также будут одинаковы и равны 1.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum_i a_i \cdot b_i, \quad (21)$$

где a_i – весовой коэффициент варианта исполнения разработки, b_i – балльная оценка варианта исполнения разработки.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формулам 12, а, б.

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{p1}}{I_{\text{фин1}}}, \quad (22, \text{ а})$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{I_{p2}}{I_{\text{фин2}}}, \quad (22, 6)$$

Так как интегральные финансовые показатели одинаковы и равны 1, то интегральные показатели эффективности вариантов исполнения разработки равны соответствующим интегральным показателям ресурсоэффективности.

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср } i} = \frac{I_{\text{исп } i}}{I_{\text{исп } 1}}, \quad (23)$$

Проведем сравнительную характеристику вариантов исполнения (таблица 15).

Таблица 15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Исп. 1	Исп. 2
1. Повышение производительности труда	0,3	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,2	4	3
3. Удобство в считывании исходных данных	0,2	5	2
4. Скорость работы	0,1	4	3
5. Простота эксплуатации	0,1	4	3
6. Техническая поддержка платформы	0,1	5	3
I_{pi}		4,6	3,4

На основании полученных показателей выполним сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки (таблица 16).

Таблица 16 – Значения показателей

Показатели	Исп. 1	Исп. 2
1. Интегральный финансовый показатель разработки	1,00	1,00
2. Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,60	3,4

3. Интегральный показатель эффективности	4,60	3,4
4. Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,00	0,74

С позиции финансовой и ресурсной эффективности на основании таблицы, первый вариант исполнения системы наиболее выгодный. Данный вариант исполнения и используется в выпускной квалификационной работе.

7 Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Для выбора наиболее конкурентоспособного и эффективного пути решения задачи были проведены QuaD-анализ и морфологический анализ, для чего были выделены основных характеристики создаваемого продукта. Оценка качества и эффективности, полученная по технологии QuaD показала высокое значения критерия – 0,815, что говорит о перспективности разработки.

Для выявления сильных и слабых сторон и возможностей и угроз был проведен SWOT-анализ. Результатом анализа стало выявление путей использования возможностей и ликвидации недостатков разрабатываемого продукта. Угрозами обозначены ограниченный функционал; появление новых потребностей экспертов-исследователей, трудно удовлетворимых без изменения существующей архитектуры; появление инструментов экспертов-исследователей, выполняющих аналогичные задачи. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены в подразделе 1.2.

Оценка ожидаемого объема работ показала, что разработка продукта займет 110 календарных дней. С учетом этого был составлен план и график работ.

Был сформирован бюджет для разработки продукта, включающих затраты на оборудование, заработную плату участников проекта, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы (с коэффициентом 0,12). Подсчет затрат на разработку позволяет заключить, что основной статьей расходов в научно-исследовательской работе является заработная плата исполнителей:

основная – 184 756,64 руб. (48,12%), дополнительная – 22 170,80 руб. (5,77%). На втором месте страховые взносы – 57 939,69 руб. (15,09%). Затем идут накладные расходы – 13 222,00 руб. (3,37%). Меньше всего средств уходит на амортизацию оборудования – 5 334 руб. (1,36%) и на материальные затраты – 495 руб. (0,13%).

Сумма бюджета составила 383 918,13 рублей.

8 Социальная ответственность

В данном разделе рассматривается комплекс мер технического, организационного и правового характера, которые призваны минимизировать пагубное влияние разработки программного модуля [10]. Также рассматриваются вопросы техники безопасности и пожарной профилактики, вопросы охраны окружающей среды, а также предоставляются рекомендации по созданию оптимальных условий труда [11].

Объектом исследования данного раздела является рабочее место программиста, разрабатывающего разрабатывает новые функциональные возможности для системы VipNet Performance Analyzer, которые позволят исследовать результаты тестирования программно-аппаратных комплексов.

Рабочее место – стационарное, оборудованное персональным компьютером.

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Техника безопасности и производственная санитария – неотъемлемые элементы рабочего процесса. Они закреплены в нормативно-правовых источниках, используемых всеми организациями и ведомствами страны. Например, Трудовой Кодекс РФ закрепляет:

- рабочее время не должно превышать 40 часов в неделю;
- во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения [11].

Продолжительность непрерывной работы за персональным компьютером не должна превышать 2 часа с перерывами длительностью 20 минут.

Рабочее место – это место постоянного или временного пребывания работника в течение трудового дня. Рабочие места должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [12] и ГОСТ 21889-76 Система «Человек-машина». Так, рабочие места должны [13]:

- обеспечивать возможность удобного выполнения работ;
- учитывать физическую тяжесть работ;
- учитывать технологические особенности процесса выполнения работ.

Перечисленные критерии наряду с правильной планировкой рабочего пространства приводят к повышению качества труда (по сравнению с ситуацией, когда эти требования не выполняются), правильному распределению рабочего времени, повышению концентрации работника.

При компоновке рабочего места каждый сотрудник должен придерживаться следующих правил:

- соблюдать чистоту и порядок на рабочем месте;
- не создавать шума;
- не нарушать инструкции по техники безопасности.

Каждый день в помещениях, в которых располагаются персональные компьютеры необходимо проводить влажную уборку и проветривать помещение.

8.2 Производственная безопасность

Возникающие на рабочем месте производственные факторы в зависимости от воздействия на организм человека подразделяются на:

- Вредные производственные факторы (ВПФ) – факторы, приводящие к заболеванию, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания.
- Опасные производственные факторы (ОПФ) – факторы, приводящие к травме, в том числе смертельной.

Вредные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека подразделяют на:

- Факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;

- Факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям, поражениям) или травмам за счет кратковременного (одиночного и/или практически мгновенного) относительно высокоинтенсивного воздействия.

Также производственные факторы классифицируют на физические, химические, психофизические и биологические.

В данной части будут рассмотрены физические и психофизические факторы. Таблица 17 перечисляет возможные опасные и вредные факторы.

Таблица 17 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.03.003.-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21
Повышенный уровень шума	+	+		СанПиН 1.2.3685-21
Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	+	+		СП 52.13330.2016
Повышенный уровень электромагнитных полей	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21
Монотонность трудового процесса, нервно-эмоциональные перегрузки	+	+		ТК РФ ст. 108
Электрический ток	+	+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009 ГОСТ 12.1.038-82

8.2.1 Электромагнитное излучение

Персональные компьютеры являются источником вредных излучений, которые негативно сказываются на здоровье человека.

СанПиН 1.2.3685-21 определяет временные допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых на рабочих местах персональными компьютерами, перечисленные в таблице 18 [14].

Таблица 18 – Временные допустимые уровни электромагнитных полей

Наименование параметров		Временные допустимые уровни электромагнитных полей
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц – 2кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл

Существует несколько способов защиты от электромагнитного поля:

- Увеличение расстояния от источника ЭМ поля: при увеличении расстояния напряженность ЭМ поля снижается. Экран монитора не должен находиться ближе 50 см от пользователя.
- Использование приэкранного фильтра: специальный экран и другие средства индивидуальной защиты снижают напряженность ЭМ поля. Подобные средства защиты должны пройти испытание в аккредитованных лабораториях и иметь соответствующий гигиенический сертификат.

8.2.2 Уровень шума

Одним из наиболее распространенных вредных производственных фактором является шум. Шум – совокупность различных звуков, которые отличаются друг от друга интенсивностью.

Повышенный уровень шума негативно влияет на органы слуха, центральную нервную систему человека, из-за чего ухудшается память и концентрация, негативно сказывается на работоспособности.

Предельно допустимый уровень шума – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований

в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Уровень шума на рабочих местах разработчика-программиста не должен превышать значений, установленных СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и составлять 110 дБА [15]. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушение здоровья у сверхчувствительных лиц.

8.2.3 Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения

Освещение – необходимый элемент рабочей зоны. Рабочее место программиста и любого офисного работника в целом должно иметь как искусственное, так и естественное освещение.

Качество освещения определяется коэффициентом пульсации, уровнем освещенности и яркостью осветительных приборов.

СНиП 23-05-95 регламентирует требования к рабочей зоне:

- уровень освещения на поверхности рабочего стола в зоне размещения документа: от 300 до 500 лк;
- уровень освещенности экрана: до 300 лк;
- яркость осветительных приборов, находящихся в поле зрения: до 200 кд/м²;
- коэффициент пульсации: менее 5% [14].

Несоответствие освещенности рабочей зоны указанным требованиям вызывает повышенную утомляемость и оказывает негативное влияние на зрительную систему человека.

8.2.4 Отклонение показателей микроклимата

Температура, влажность и скорость движения воздуха в помещении составляют фактор микроклимата. Механизм терморегуляции человека позволяет находиться в относительно широком диапазоне параметров микроклимата, однако при этом возможно снижение работоспособности, повышение утомляемости.

СанПиН 2.2.4.548-96 регламентирует требования к микроклимату в помещении в зависимости от категории тяжести работ. Рабочее место программиста в офисе должно соответствовать категории Ia [16]. Требования перечислены в таблице 19.

Таблица 19 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Кат. работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia	22-24	40-60	0,1
Теплый	Ia	23-35	40-60	0,1

Для обеспечения перечисленных параметров в условиях средней полосы требуется в зависимости от погодных условий либо обеспечить кондиционирование воздуха, либо отопление, либо естественную вентиляцию.

8.2.5 Психофизиологические перегрузки

Работа программиста характеризуется нахождением в сидячем положении, большой умственной и особенно творческой нагрузкой. Длительное монотонное пребывание в таких условиях отрицательно влияет как на физическое, так и на психологическое здоровье.

Краткосрочным результатом этих процессов является состояние утомления. Оно характеризуется определенными объективными показателями и субъективными ощущениями. При первых симптомах психического перенапряжения необходимо:

- дать нервной системе расслабиться;
- рационально чередовать периоды отдыха и работы;
- начать заниматься спортом;
- ложиться спать в одно и то же время;
- в тяжелых случаях обратиться к врачу.

Для снижения риска возникновения состояния утомленности следует работнику следует делать короткие перерывы.

8.2.6 Электрический ток

Проходя через организм человека, электрический ток производит термическое, электролитическое и биологическое воздействие. Источниками электрического тока являются электрические установки и оборудование. В данном случае, основную опасность несет персональный компьютер.

Вред, причиняемый электрическим током при прохождении через организм, определяется путем протекания электрического тока, состоянием организма, частотой тока, его силой и напряжением.

Некоторые компоненты персонального компьютера – клавиатура, мышь, наушники – используют от 3 до 5 вольт. Подобное напряжение не опасно для человека. Другие же – системный блок, монитор, принтер – питаются от сети переменного тока 50 Гц 220 вольт. Поражение таким током может быть смертельным. Для предотвращения поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила:

- обеспечить недоступность токоведущих частей от случайных прикосновений;
- электрическое разделение цепи;
- устранить опасности поражения при проявлении напряжения на разных частях.

Устройство современных персональных компьютеров учитывает перечисленные требования. Силовые провода имеют разъемы, исключающие случайный контакт, а металлический корпус как правило заземлен.

Таблица 17 показывает предельно допустимые значения напряжения прикосновения и тока на рабочем месте программиста согласно ГОСТу 12.1.038-82 [17].

Таблица 20 – Предельно допустимые значения напряжения прикосновения и тока

Род тока	Напряжения прикосновения, В	Ток, мА
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Постоянный	8,0	1,0

8.3 Экологическая безопасность

При производстве и использовании персонального компьютера на окружающую среду оказывается негативное влияние. Так, при производстве образуется большое количество твердых и жидких отходов. При использовании наблюдается локальное повышение электромагнитного фона и зашумление. Кроме того, потребляется электроэнергия. Трехфтористый азот, применяемый для очистки ЖК-экранов, является активным парниковым газом.

Для снижения негативного воздействия на экологию при использовании ПК используются рекомендации, представленные в СанПиН 1.2.3685-21:

- применять оборудование, соответствующее санитарным нормам и стандартам экологической безопасности;
- применять расходные материалы с высоким коэффициентом использования и возможностью их полной или частичной регенерации;
- отходы в виде компьютерного лома утилизировать;
- использовать экономные режимы работы оборудования [17].

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

ГОСТ Р 22.0.01-2016 перечисляет следующие чрезвычайные ситуации:

- техногенные (пожары, аварии и т.п.);
- биологические (эпидемии);
- природные (наводнения, бури и т.п.);
- экологические (кислотный дождь, разрушение озонового слоя);
- антропогенные (терроризм) [18].

При работе в офисе, в том числе с ПК, наиболее распространенной чрезвычайной ситуацией является пожар. В кабинете основным источником риска является электропроводка и подключенные к ней приборы, главным образом компьютеры.

При возникновении пожара необходимо оповестить о пожаре (включить пожарную тревогу) и эвакуироваться. По возможности – если очаг возгорания

находится внутри помещения и легкодоступен – локализовать возгорание, обесточить прибор и потушить его огнетушителем либо иными подручными средствами.

8.5 Вывод по разделу «Социальная ответственность»

Данный раздел описывает условия, соблюдение которых должно способствовать сохранению работоспособности при работе с ЭВМ, увеличению производительности при выполнении работы и снижению влияния негативных факторов, что положительно скажется на скорости и качестве выполнения работы.

Работа с ЭВМ связана с повышенными нервно-психическими нагрузками и может вызывать общее утомление, умственное напряжение, эмоциональные перегрузки, поэтому необходимо делать регулярные перерывы при работе с ЭВМ, проводить специализированные комплексы упражнений для глаз.

Работу с ЭВМ можно считать экологически безопасной, так как современный компьютер потребляет сравнительно небольшое количество электроэнергии. Важным условием сохранения безопасной экологической обстановки является соблюдение рекомендаций производителей по утилизации составляющих компьютера, пришедших в негодность.

В отношении чрезвычайных ситуаций Томск находится в сейсмически неактивной зоне, на равнине далекой от океанов и морей, так что риск опасных природных явлений, таких как наводнения, землетрясения, лавины, засухи, ураганы и т.д. можно исключить. К возможным чрезвычайным ситуациям можно отнести пожары и морозы. Во избежание возгораний должны соблюдаться меры противопожарной безопасности. Влияние на погодные условия оказать нельзя, следовательно, для защиты от низких температур необходимо предусмотреть альтернативные источники тепла, электроэнергии и транспорта.

Таким образом, чтобы избежать вредного воздействия вредных факторов при работе с ЭВМ, необходимо соблюдать меры безопасности, работать на эргономичном рабочем месте, и планировать режим работы.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была достигнута основная цель работы – разработан и реализован алгоритм определения оценки показателя по результатам нагрузочного тестирования и реализация этого алгоритма в составе приложения ViPNet Performance Analyzer. В работе использовались языки программирования C#, TypeScript, а также фреймворк ReactJS.

Данная разработка автоматизирует нахождение доверительного интервала для результатов исследования нефункциональных характеристик программно-аппаратных комплексов и статистический анализ результатов нагрузочных тестирований определением типа их распределения.

В процессе работы решены следующие задачи:

- проанализированы результаты измерений;
- создан алгоритм определения доверительного интервала для значения показателя на основании результатов измерений;
- написан программный код для автоматизации определения доверительного интервала для значения показателя на основании результатов измерений.

Частью работы алгоритма является математическое моделирование распределения результатов нагрузочного тестирования с нормальным, равномерным, гамма-, экспоненциальным распределением и распределением Коши с последующей автоматизированной проверкой адекватности моделей с помощью критерия Хи-квадрат.

При изучении имеющихся результатов тестирования было выявлено наличие недостоверных результатов как минимум для одного набора параметров тестирования.

В качестве направления развития можно отметить автоматизацию определения достоверности результатов проведенного тестирования при их загрузке

Программный код и панель анализа данных вошла в состав исследовательской версии продукта ViPNet Performance Analyzer и доступна для сотрудников Центра научных исследований и перспективных разработок.

Список использованных источников

- [1] Е.Н. Гусева, И.Ю. Ефимова. Математика и информатика. Практикум: [электронный ресурс] учеб. пособие. — 3-е изд., стереотип. — М.: ФЛИНТА, 2011. — 406 с.
- [2] Кравченко Н.С., Ревинская О.Г. Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в учебном лабораторном практикуме. — Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. — 88 с.
- [3] Charles Wheelan. Naked Statistics: Stripping the Dread from the Data. [электронный ресурс]. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/mathematical-gazette/article/abs/stripping-the-dread-from-the-data>. Дата обращения: 05.04.2021.
- [4] Гаральд Крамер. Математические методы статистики. — М.: Мир, 1975. — 648 с.
- [5] Smithson, M. Confidence intervals. [электронный ресурс]. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/mathematical-gazette/article/abs/mathematical-statistics-by-a-a-borovkov-translated-from-the-russian-by-a-moullagaliev-pp-570-89-1998-isbn-90-5699-018-7-gordon-and-breach-amsterdam>. Дата обращения: 05.04.2021.
- [6] Энатская, Н.Ю. Теория вероятностей и математическая статистика для инженерно-технических направлений: Учебник и практикум для прикладного бакалавриата / Н.Ю. Энатская, Е.Р. Хакимуллин. — Люберцы: Юрайт, 2016. - 399 с.
- [7] Borovkov, A. A. Mathematical Statistics. [электронный ресурс]. URL: <https://antivirus.uclv.edu.cu/update/libros/Mathematics%20and%20Statistics/Probability%20Theory%20-%20Alexandr%20A.%20Borovkov%2C%202013%20-%200978-1-4471-5201-9.pdf>. Дата обращения: 05.04.2021.
- [8] Орлов, А.И. Вероятность и прикладная статистика. Основные факты. Справочное издание / А.И. Орлов. - М.: КноРус, 2018. - 184 с.
- [9] Гаральд Крамер. Математические методы статистики. — М.: Мир, 1975. — 648 с.

- [10] Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ, Томск 2020;
- [11] Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)
- [12] ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;
- [13] ГОСТ 21889-76 Система «Человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования (с Изменением N 1);
- [14] Постановление от 28 января 2021 года N 2 Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
- [15] СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы;
- [16] СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
- [17] ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1);
- [18] ГОСТ Р 22.0.01-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения;

Приложение А. Выборка значений показателя Задержка, использованная в исследовании

4,889, 3,395, 3,103, 5,625, 4,447, 5,762, 3,544, 4,257, 7,449, 6,214, 2,601, 4,677, 2,837, 4,081, 4,331, 2,826, 4,237, 3,034, 3,841, 5,073, 8,383, 2,458, -1,308, 1,236, 3,990, 1,756, 6,955, 3,706, 6,166, 2,427, 3,040, 6,764, 7,081, 5,245, 0,295, 4,513, 5,054, 0,760, 3,594, 3,734, 2,301, 6,623, 3,821, 6,033, 5,194, 4,479, 3,177, 2,699, 5,454, 3,552, 0,624, 3,755, 4,505, 2,351, 2,807, 2,653, 9,063, 4,546, 4,584, 2,563, 2,499, 6,591, 2,478, 5,820, 4,104, 5,255, 3,268, 4,844, 6,051, 1,681, 7,086, 1,036, -0,003, 4,337, 3,885, 5,312, 1,455, 3,716, 3,473, 3,126, 5,740, 4,636, 1,898, 3,315, 1,258, 4,187, 4,314, 2,365, 4,018, 4,850, 1,506, 5,546, 5,582, 4,776, 2,702, 2,883, 1,192, 4,105, 4,973, 1,138, 5,226.

Приложение Б. Выборка значений показателя Производительность сети ViPNet, протокол UDP, использованная в исследовании

3405,91, 3226,34, 2116,30, 2075,48, 2099,98, 2426,46, 3014,12, 1920,41, 3365,09, 2091,82, 2124,46, 3365,09, 3381,41, 2099,98, 1110,03, 2067,32, 2108,14, 2059,16, 3340,61, 3258,98, 3226,34, 2083,65, 1184,66, 3356,93, 2099,98, 2442,78, 2108,14, 2108,14, 2124,46, 2230,57, 2467,27, 2491,75, 2083,65, 3242,66, 3307,96, 2344,84, 3316,12, 2108,14, 2450,94, 2116,30, 3373,25, 2467,27, 2099,98, 2516,23, 2083,65, 2508,07, 2099,98, 2516,23, 2499,91, 3356,93, 1708,20, 2026,52, 2108,14, 1675,55, 3365,09, 3348,77, 2099,98, 2099,98, 2099,98, 2042,84, 2083,65, 3397,74, 3275,30, 3340,61, 2099,98, 2140,79, 3307,96, 2116,30, 2483,59, 3365,09, 3365,09, 3356,93, 2099,98, 2483,59, 2491,75, 2491,75, 2499,91, 2034,68, 2508,07, 2499,91, 2116,30, 2108,14, 3307,96, 2083,65, 2508,07, 2116,30, 2516,23, 3332,44, 2499,91, 2508,07, 3348,77, 2091,82, 2475,43, 3332,44, 2091,82, 2499,91, 3340,61, 3340,61, 2491,75, 2108,14, 2042,84.